

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-033347

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

G01J 3/50  
G06T 1/00

(21)Application number : 07-181579

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC  
KANSAI PAINT CO LTD

(22)Date of filing : 18.07.1995

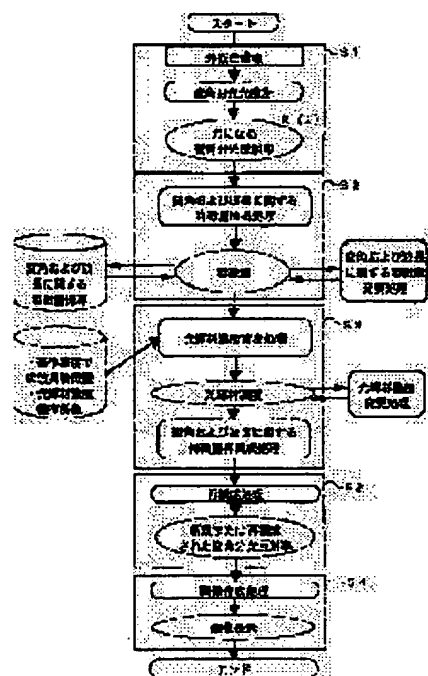
(72)Inventor : HATTORI HIROSHI  
OZEKI TORU  
TSUJI HIROYOSHI  
ISHIGURO MASATO  
MASUDA YUTAKA

## (54) METHOD FOR REPRODUCING COLOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To adjust a coating color on the basis of the density of a bright material, and faithfully reproduce the coating color.

**SOLUTION:** The variable angle spectral reflectance of an outer plate color-coated plate is measured by a variable angle spectrophotometer S1. The characteristic quantity relating to angle variation and the characteristic quantity relating to wavelength are extracted from the measured variable angle spectral reflectance S2. The wavelength characteristic quantity in a reference density bright material, the bright material density dependency coefficient and the bright material density are determined from the extracted characteristic quantity relating to wavelength, and after a processing for changing the bright material density is performed, the characteristic quantity relating to wavelength is reconfigured SX. The variable angle spectral reflectance is reconfigured from the characteristic quantity relating to angle variation and the reconfigured characteristic quantity relating to wavelength S3. An image of coating color is displayed by use of the reconfigured variable angle spectral reflectance S4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-33347

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 J 3/50

G 0 1 J 3/50

G 0 6 T 1/00

G 0 6 F 15/62

3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平7-181579

(22) 出願日 平成7年(1995)7月18日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(71) 出願人 000001409

関西ペイント株式会社

兵庫県尼崎市神崎町33番1号

(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外4名)

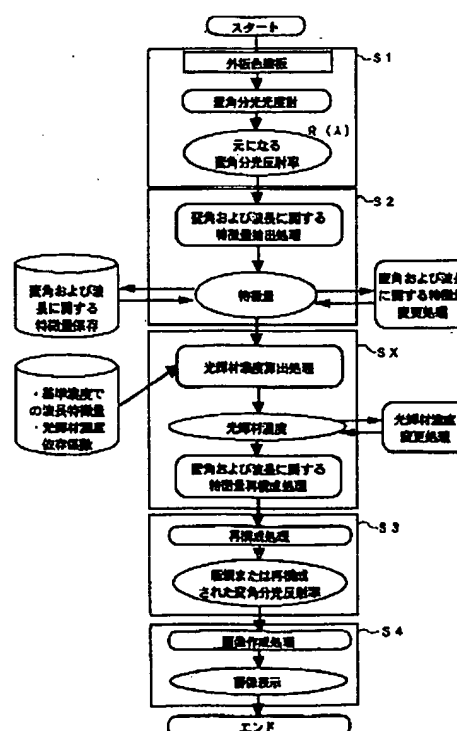
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色再現方法

(57) 【要約】

【課題】 光輝材の濃度に基づき塗装色を調整することを可能にし、その塗装色を忠実に再現する。

【解決手段】 外板色塗板の変角分光反射率を変角分光測定機によって実測する (S1)。実測された変角分光反射率から変角に関する特徴量と波長に関する特徴量を抽出する (S2)。抽出した波長に関する特徴量から基準濃度光輝材での波長特徴量、光輝材濃度依存係数及び光輝材濃度を求め、光輝材濃度を変更する処理を行った後に前記波長に関する特徴量を再構成する (SX)。変角に関する特徴量と前記再構成した波長に関する特徴量とから変角分光反射率を再構成する (S3)。再構成された変角分光反射率を用い塗装色の画像を表示する (S4)。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 光輝材を含む被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測し、

計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存する第2の特徴量を演算し、

前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を構成し、

構成された変角度毎の分光反射率の第1の特徴量を、予め定めた所定濃度のときの前記第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する入力された第3の特徴量との積を用いて表し、前記予め定めた所定濃度のときの第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する第3の特徴量と、前記第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を再構成し、

再構成された分光反射率によって前記被塗装物の塗装色を再現する、

色再現方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、色再現方法にかかり、特に、物体に施される塗装色を表示装置へ表示する際やこの塗装色を紙等の媒体へ印刷する際に物体に施される塗装色を色再現する色再現方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】計算機上で色を伴う画像表示や印刷を可能とするコンピュータグラフィックスの分野では、レンダリングで知られているように様々な色を伴った模様や図形等の画像を画面上に表示させたり、表示させた色画像を印刷させたりすることが行われている。物体の画像を色を伴って表示させようとする場合には光の反射原理をモデル化して光の輝度等により表現するが、輝度等による物体表現のみでは物体の材質感等の目視者の感覚的な色の表現が充分ではなく、物体の実質的な色を表現することが困難であった。

【0003】このような物体の材質感の表現を試みた装置として色再現装置が知られている（特開平4-195480号公報、特開平5-40833号公報参照）。この色再現装置では、物体についての反射係数や透過係数を検出し、物体からの反射光を鏡面反射成分と拡散反射成分に分離して取り扱うことによって、物体の材質感を忠実に表現しようとしている。

【0004】また、分光反射率と色材の関係では多重散乱理論が知られており、ソリッド塗装のように分光反射率が角度により変化しない場合には1次元に簡略化したクベルカ・ムンク（Kubelka-Munk）理論を適用できる。色材は各波長毎の拡散係数と吸収係数により規定されるので、色材の種類と濃度から塗装面の分光反射率を求めることができる。これはコンピュータ調色

（CCM）とも呼ばれている。

【0005】しかしながら、物体は、その組成や物性及び物体固有の表面形状によって透過率や反射率が大きく異なることがある。例えば、車両のボデー等の物体面は、塗料等を塗布することにより塗装色を有する塗装面（塗膜）が形成されるが、ユーザやデザイナー等が意図する所望の塗装色の塗装面を得るためには、複数の顔料等の混合による色材を含む塗料等を想定しなければならない。また、塗装面の反射率は、塗装面の反射光を受光するときの受光角を正反射方向から変化させた角度（以下、変角という）に応じて変動する変角特性を有することが知られている。これにより、変角特性は物体の材質感等、すなわち目視者の色の感覚に影響する。従って、従来の色再現装置のように、物体からの反射光を鏡面反射成分と拡散反射成分とに分離したのみでは変角特性により物体の材質感が変動することがあり、忠実な塗装色を再現することができないことがある。

【0006】また、メタリック系の塗装面では分光反射率の角度依存性が高いので、分光反射率の角度依存性を無視すると、カラーフロップ（やフリップフロップ）といわれる明度や色の角度変化を把握することはできない。明度や色の角度変化を忠実に把握するためには厳密に多重散乱理論を展開しなければならないが、膨大な計算を必要とし現実的ではない。

【0007】この問題を解消するため、本発明者等は、変角分光反射率を計測し、分光波長に依存する第1特徴量と変角に依存する第2特徴量とから分光反射率を構成して色再現するコンピュータグラフィックス装置を提案している（特願平6-260786号）。

**【0008】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最近では多くのニーズに対応すべく多数のメタリック系の塗装面を形成するために、含有させる材料として多種類に亘る材料を用いている。これらの材料のうち、特に光輝材については、使用する光輝材の種類や塗料への配合量（濃度）が塗装の質感やコストに大きな影響を及ぼすため、使用する光輝材の種類や濃度の検討が重要であるが、従来の方法ではそのような光輝材の種類や濃度に基づく色の見えの検討（光輝材の種類や濃度を変更した場合の色の見えの検討）が不可能であった。

【0009】本発明は、上記事実を考慮して、光輝材の種類または濃度に基づき塗装色を調整することを可能にし、かつ、その塗装色を忠実に再現することができる色再現方法を得ることが目的である。

**【0010】**

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、光輝材を含む被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測し、計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存す

る第2の特徴量を演算し、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を構成し、構成された変角度毎の分光反射率の第1の特徴量を、予め定めた所定濃度のときの前記第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する入力された第3の特徴量との積を用いて表し、前記予め定めた所定濃度のときの第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する第3の特徴量と、前記第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を再構成し、再構成された分光反射率によって前記被塗装物の塗装色を再現する。

【0011】本発明では、光輝材を含む被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する。従って、被塗装物の塗装面に含まれる少なくとも光輝材の材料が所有する固有の変角特性を得ることができる。このため、塗装色は各変角・各波長での反射率、すなわち、変角分光反射率で表現することができる。この計測した変角分光反射率を用いて波長に依存する第1の特徴量と、変角に依存する第2の特徴量を演算する。演算された第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成すれば、被塗装物の塗装色を再現できる。

【0012】ここで、被塗装物からの反射光は光輝材の種類や濃度によって変化する。本発明者等は、第2の特徴量が光輝材の濃度には依存せず、さらに、第1の特徴量は、予め定めた所定濃度のときの前記第1の特徴量と、前記光輝材の種類及び濃度に依存する第3の特徴量との積で表現できるとの知見を得た。このため、本発明では、被塗装物を計測し、その計測値から演算によって求められる第1の特徴量を、予め定めた所定濃度のときの前記第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する入力された第3の特徴量との積を用いて表し、前記予め定めた所定濃度のときの第1の特徴量と、前記光輝材の種類または濃度に依存する第3の特徴量と、前記第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を再構成している。

【0013】本発明において、第3の特徴量は、例えば光輝材濃度依存係数及び光輝材濃度を含んで構成することができ、この光輝材濃度を変更した後に、変更した光輝材濃度を含む第3の特徴量を用いて変角毎の分光反射率を再構成することにより、光輝材濃度が変更された被塗装物の分光反射率を得ることができ、この分光反射率から、光輝材濃度が変更された被塗装物の塗装色を忠実に再現することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。本発明の実施の形態は、自動車の外装等の塗装色（外板色）をデザインするときの色再現に本発明を適用したものである。

【0015】図3に示すように塗装色を再現するための

コンピュータグラフィクス装置は、パーソナルコンピュータ16を備えている。このパーソナルコンピュータ16は、色データ等を入力するためのキーボード10、予め記憶されたプログラムに従って所望の塗装色を生成するための関連したデータを演算するコンピュータ本体12、及びコンピュータ本体12の演算結果である塗装色等を表示するCRT14から構成されている。コンピュータ本体12は、CPU、ROM、RAMを含んで構成されており、また、後述する特徴量を記憶するためのメモリを有している。

【0016】自動車の外板色は、着色顔料を主成分とするソリッド塗料と、着色顔料と光輝材とを主成分とするメタリック系塗料に大別される。ソリッド塗料は、光を照射する方向や見る方向に依存せず、略一定の色を呈する。一方、メタリック系塗料は、光を照射する方向や見る方向によって呈する色（特に明るさ）が変化することが特徴であり、この方向による色の変化の挙動が塗料の重要な（デザイン上の）特性となる。近年では、新規な光輝材の開発により、方向による色の変化の挙動のバリエーションが増加しつつあり、又、自動車市場においてもメタリック系塗料の比率は増加している。

【0017】本発明の実施の形態のコンピュータグラフィクス装置は、塗装物体（メタリック系塗装）の色や質感をCRT上に正確に再現（表示）したり、色及び質感を独立かつ任意に変更する方法、及び光輝材濃度を変更した場合の色や質感を再現する方法を提供し、塗装のデザインや塗装材の開発を支援するためのものである。

【0018】先ず、塗装物体の塗装質感を材料から考えると、塗装物体の質感には塗膜に含まれる光輝材（アルミ粉、酸化鉄等）が強く影響しており、光輝材の種類毎にそれぞれ固有の質感が感じられる。

【0019】また、塗装物体の塗装質感を光学特性から考えると、塗装物体の（見えの）質感は、塗膜の分光反射特性（変角分光反射率）で定まり、それは鏡面反射成分と層内拡散反射成分に分けることができる。このうち、鏡面反射成分は塗膜表面のクリア（プラスチック）層の表面形状や屈折率により決まり光輝材の種類には依存しない。従って、この成分は塗装物に共通な質感には関係するが、光輝材毎の微妙な質感には関与しない。一方、本発明者等は、層内拡散反射成分を各種光輝材について測定した結果、各光輝材毎に特有の反射特性を示しており、これが各光輝材固有の質感を形成しているという知見を得た。

【0020】ここで、本発明の実施の形態では、塗装色を再現するために、その塗装色を扱うための物理量として、物体表面の分光反射率を用いる。なお、この分光反射率は、複雑な形状の試料、例えば繊維やメタリック塗装等の面では計測器の受光方向によって異なる値で計測されることがあるため、本発明の実施の形態では、試料への入射角及び試料で反射された光を受光する受光素子

への受光角等を変角することによる立体的な分光反射率である分光立体角反射率を用いる。

【0021】表面がフラットな試料の分光反射率は通常ゴニオ・スペクトロ・フォトメータ(Gonio Spectro Photometer、以下、ゴニオという。)24で測定(測色)することができ、この測定した分光反射率を分光立体角反射率(Spectral Reference Factor)、または変角分光反射率という。この分光立体角反射率を、以下、単に反射率Rという。

【0022】図4に示したように、ゴニオ24は、光源28と測定部である受光器26を有している。ゴニオ24では、光源28から試料30の測定点Obに向かう光の入射光軸32と、測定点Obにおいて入射光軸32の光が正反射したときの正反射方向の反射光軸34と、を含む平面を入射面D<sub>1</sub>と定めている。このゴニオ24では、受光器26と測定点Obとを結ぶ軸を測定光軸36として、この測定光軸36が入射面D<sub>1</sub>に含まれるように受光器26が立体的に動く機構(図示省略)となっている。すなわち、一般的なゴニオは、測定点を中心として光源部と受光部が入射面内を動く機構となっている。

【0023】反射率Rは、反射光軸34と測定光軸36とのなす角度x、すなわち受光部の正反射方向からの反射角x(単位deg、以下、変角xという。)、及び光の波長λ(単位nm)の関数であり、以下の式(1)で表すことができる。

$$R(x, \lambda) \quad \cdots (1)$$

但し、変角xは、反射光軸34と測定光軸36とが一致するときが0°であると共に、正反射方向から光源部へ向かって時計方向(図4で変角xを示した矢印方向)に回転した受光部26の位置から得る変角xの符号を正符号とする。

【0025】図5に示すように、変角xは、入射面等による直角座標系において定めることができる。すなわち、試料30の法線方向\$N、試料30と光源28との方位である入射方向\$L、試料30から受光器26へ向かう受光方向\$R、試料30で正反射する光の正反射方向\$Pを定め、法線方向\$N及び正反射方向\$Pを含む

$$\begin{aligned} R(x, \lambda) &= R(-x, \lambda) \quad (-30^\circ < x < 0^\circ) \\ &= R(90^\circ, \lambda) \quad (90^\circ < x < 150^\circ) \end{aligned}$$

【0031】なお、以下の説明では、上記角度条件( $\theta_1 = 60^\circ$ 、 $\theta_2 = 0^\circ$ 、 $\theta_3 = 0^\circ$ )以外の場合でも正反射方向\$P、受光方向\$Rの関係から変角xを演算した反射率R(x, λ)を用いる。

【0032】[変角分光反射率の測定] 塗装面の反射率は、変角x及び波長λの連続特性からなる反射率であるが、次のように、近似的に扱うことができる。

【0033】まず、変角x(0°~90°)を境界値x<sub>j</sub>(j=1, 2, ..., n, 0°=x<sub>1</sub><x<sub>2</sub><...<x<sub>n</sub>=90°)により[n+1]個に等間隔または反

面を入射面D<sub>1</sub>、法線方向\$Nと受光方向\$Rを含む面を受光面D<sub>2</sub>と定める。これにより、法線方向\$Nと入射方向\$Lとのなす角度θ<sub>1</sub>、法線方向\$Nと受光方向\$Rとのなす角度θ<sub>2</sub>、入射面D<sub>1</sub>と受光面D<sub>2</sub>とのなす角度θ<sub>3</sub>が定まる。また、試料30の表面に方向性がある場合(例えば、織物、ブラシ仕上げ面等)は、測定点Obを中心として試料面(塗装面)の基準方向(図5では方向\$A)が、入射面D<sub>1</sub>から離れる角度を角度θ<sub>4</sub>とする。従って、上記式(1)の反射率Rは、一般式として以下の式(2)で表せる。

$$R(\lambda, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \quad \cdots (2)$$

但し、θ<sub>1</sub>: 光源の入射角(deg)

θ<sub>2</sub>: 受光角(deg)

θ<sub>3</sub>: 方位角(deg)

θ<sub>4</sub>: 回転角(deg)

【0027】上記式(2)はθ<sub>1</sub>、θ<sub>2</sub>、θ<sub>3</sub>、θ<sub>4</sub>で表記した4つの角度パラメータを持つが、一般のペイント塗装面における反射光の強度分布(反射光の強さを、照射点を中心として距離で表した分布)は、入射光の入射角θ<sub>1</sub>に関係なく、正反射方向\$Pを軸として常に相似形のスフェリカルシンメトリ(Spherical Symmetry)であることが知られている。従って、反射率は、方向\$P、\$Rの間の変角xのみで表わされる。

【0028】従って、ペイント塗装面の反射率は、正反射方向\$Pと受光方向\$Rとの間の変角xの関数として、上記の式(1)に示したように反射率R(x, λ)と表わすことができる。例えば、受光角θ<sub>2</sub>以外の角度条件を所定値(θ<sub>1</sub>=60°、θ<sub>3</sub>=0°、θ<sub>4</sub>=0°)に固定し、変角xを0°~90°(この場合、x=θ<sub>1</sub>-θ<sub>2</sub>)で変化させたときの、反射率R(x, λ)をゴニオで測定すれば反射率R(x, λ)は0°<x<90°の角度範囲で求まる。

【0029】また、反射率R(x, λ)を以下の[角度条件]で定めれば、-30°<x<150°の角度範囲において、反射率R(x, λ)を決定できる。

【0030】[角度条件]

反射率の変化が急激な範囲を細分割する等、適度な分割(以下、適度な分割という)を行う(図6(A)参照)。なお、この適度な分割は、1°~5°の間隔により19個~91個のデータ数を得ることができるように設定することが好ましい。

【0034】また、波長λも同様に、例えば可視波長を380(nm)≤λ≤720(nm)の波長域として考え、この可視の波長域を境界波長λ<sub>k</sub>(k=1, 2, ..., m, 380nm=λ<sub>1</sub><λ<sub>2</sub>...<λ<sub>m</sub>=720nm)により[m+1]個に適度に分割する(図6(B)参照)。な

お、波長域の適度な分割は、10～20nmの間隔により18個～35個のデータ数を得ることができるように設定することが好ましい。

【0035】従って、塗装面の反射率 $R(x, \lambda)$ は、離散的である反射率 $R(x_1, \lambda_1)$ 、 $R(x_2, \lambda_1)$ 、 $\dots$ 、 $R(x_n, \lambda_n)$ から近似することができる。すなわち、図6(C)に示すように、反射率 $R(x, \lambda)$ と変角 $x$ と波長 $\lambda$ とから各々を軸とする3次元座標系において、反射率 $R(x, \lambda)$ は連続的な曲面等の面(以下、連続面という。)70になる。反射率 $R(x, \lambda)$ を表す連続面70は、この連続面70上に含まれる離散的な複数の点から補間により求めることができる。

【0036】図7(a)～(c)に示したように、表面が塗装された試料の塗装面は、色を決める有色顔料、メタル、パールマイカ等の光輝材、表面のクリア等の種々の物質によって構成される。

【0037】図7(a)に示すように、メタリック塗装が施された塗装面は、クリアコート層40、メタリックベース層42、中塗り層44、電着層46から構成される。このメタリックベース層42には顔料54及びアルミニウム56が含まれている。図7(b)に示すように、パールマイカ塗装が施された塗装面は、クリアコート層40、マイカベース層48、カラーベース層50、中塗り層44、電着層46から構成される。このマイカベース層48にはチタンコートマイカ顔料58が含まれている。図7(c)に示すように、ソリッド塗装による塗装面は、上塗り層52、中塗り層44、電着層46から構成される。この上塗り層52には、着色顔料60が含まれている。

【0038】これらの光輝材及び種々の物質による塗装の違いにより、反射率 $R(x, \lambda)$ の連続面の面形状も異なるものとなる。なお、反射率 $R(x, \lambda)$ は、顔料、光輝材の種類や量によって左右される。

【0039】実際の外板色塗板では、材料間の相互作用(例えば、メタリック塗板では、アルミ片からの反射光がさらに一般顔料に反射してから塗板外に出射する等)が考えられ、その挙動は複雑である。

【0040】従って、これらの塗料構成物の各々の挙動から、その塗料の変角分光反射率を求めることは、極めて困難であるが、塗料構成物によって特徴付けられる変角分光反射率を解析し、その特徴を抽出することは可能である。

【0041】上述のように、外板色は各変角・各波長での反射率(即ち、変角分光反射率)で表現することができる。しかしながら、そのデータ量は多く、又、色や質感を変更することも困難である。このため、データ量の削減を図り、かつ、色や質感の制御を容易にする方法が必要になる。本発明の実施の形態に係る色再現方法を構成する複数の段階のうちの一部は、特願平6-2607

86号において本願発明者等が提案した方法を適用しており、外板色の特性に基づき、変角分光反射率を変角に依存する成分(以下、変角に関する特徴量)と分光波長に依存する成分(以下、波長に関する特徴量)に分離したモデル式(詳細後述)を用いて、色や質感の制御を容易にしたものである。

【0042】ここで、本発明者等は、色や質感の制御を容易にするために、以下に説明するモデル式の導出を行った。

【0043】以下の説明では、着色顔料に光輝材を配合した中彩から濃彩の60枚のブルー(青)の塗板を試料として用いている。この試料は、着色顔料の組成を一定とし、光輝材の種類と濃度を変動させている。また、光輝材としてはアルミ系、マイカ系、酸化鉄系、グラファイトおよび銀めっきガラスフレークを使用しており、表1に示すようにアルミ系の着色アルミは表面に着色顔料を薄くコーティングしたものである。また、干渉マイカはマイカに酸化チタンの薄膜をコーティングしたもので、複合マイカはそれに着色アルミと同様の処理を加えたものである。色名は干渉色の色相を表している。また、酸化鉄系の光輝材はいずれも酸化鉄の板状結晶であるが製造法が異なり、MIO(鱗片状酸化鉄)は濃灰緑色を、板状酸化鉄は赤色を呈する。なお、光輝材の濃度は1, 3, 5, 7, 9%の5水準としたが、銀めっきガラスフレークに限り、実際の使用濃度範囲を考慮して濃度は各水準の3/8とした。

【0044】

【表1】

光輝材の内訳

アルミ系	A1: アルミ
	A2: 着色アルミ
	A3: 球状アルミ
マイカ系	K1: 干渉マイカ(白)
	K2: 干渉マイカ(青)
	K3: 干渉マイカ(緑)
	P2: 複合マイカ(青)
	N1: ニッケルコートマイカ
酸化鉄系	PE: 板状酸化鉄
	M1: MIO
その他	T1: チタンコートグラファイト
	G1: 銀めっきガラスフレーク

【0045】この試料を用いて上記ゴニオ24で反射率を測定した。このゴニオ24と同様の測定機として、変角分光光度計(村上色彩技術研究所製: 型番GCMS-4)がある。測定における受光面積は0°受光( $\theta_i = 0^\circ$ )のとき8×16mmと設定され、反射率は光輝材による微視的な反射率の分布を平均化した測定値が得られる。また、角度条件については、メタリック系塗装の反射率は正反射の方向に対して対称であり、入射角が変わっても変角 $x$ が等しければ反射率はほとんど変わらない。これにより、変角を変数として測定、すなわち、本測定では入射角を45°として、変角を0から70°の範囲で2°刻みで変化させ、それぞれの角度における反

射率を測定した。

【0046】この測定から、変角が $6^\circ$ 以下の正反射近傍ではいずれの試料も分光反射率曲線は波長依存性のない平坦な形状を示すという知見を得て、このことから正反射近傍の変角領域ではクリア表面の反射が支配的で光輝材の影響は少ないと考えられる。しかし、変角が $8^\circ$ から $40^\circ$ のハイライトの領域では光輝材の影響がみられた。

【0047】図9及び図10には光輝材として着色アルミ(A2)を用いたときの反射率を対数表示で表記したときの波長と反射率、変角と反射率の関係を示した。図

$$\text{Ln} R(x, \lambda) = Mx + B(\lambda)$$

但し、 $x$  : 変角

$\lambda$  : 波長

$M$  : 変角分光反射率 $R(x, \lambda)$ を縦軸、変角 $x$ を横軸にした直交座標平面上における直線の傾き

$B(\lambda)$  : 変角分光反射率 $R(x, \lambda)$ を縦軸、変角 $x$ を横軸にした直交座標平面上における直線の $y$ 切片

$$R(x, \lambda) = b(\lambda) \cdot m^x$$

【0052】以上のことにより、メタリック系塗装の変角分光反射率は、波長依存性を表す、すなわち色を表すパラメータ $b(\lambda)$ と、角度依存性を表すパラメータ $m$ との2個のパラメータにより表現できる。なお、傾き $M < 0$ からパラメータ $m$ は1以下の正数であり、1に近いほど変角分光反射率の角度変化は小さくなるものである。

【0053】以上の説明では、外板色は各変角・各波長での反射率(変角分光反射率)で表現することができることを述べた。上記では色や質感の制御を容易にするための、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量とに分離したモデル式を例示したが、本発明では、上記のモデル式による反射率 $R$ として、以下に説明する濃度を含めたモデル式を用いる。

【0054】先ず、本発明者等は、光輝材の量による質感の再現や変更の影響を評価するため、モデル式(4)を用いて、変角分光反射率に及ぼす光輝材の種類と濃度の影響について調べた。

【0055】図12は、パラメータ $m$ と光輝材の濃度との関係を示したものである。いずれの光輝材についても濃度が小さくなるとパラメータ $m$ が若干大きくなる傾向

$$\text{Ln} b(c) = k \text{Ln} c + B$$

但し、 $k$ は直線の傾き、 $B$ は $y$ 切片である。

【0060】ここで、1%濃度( $c=1$ )のときには、式(5)の右辺第2項が、 $B = \text{Ln} b(1)$ となる。従って、式(5)は $\text{Ln} b(c) = k \text{Ln} c + \text{Ln} b$

$$b(c) = b(1) c^k$$

【0062】また、上記のように波形形状は類似しているので、上記の関係はどの波長でも成立すると仮定でき、濃度 $c$ におけるパラメータ $b(\lambda)$ は、次の式

$$b(\lambda; c) = b(\lambda; 1) c^k$$

9に示すように、各変角に対する特性では分光反射率の曲線形状は類似している。また、図10に示すように、各波長に対する特性では、反射率は変角が $8^\circ$ から $30^\circ$ の範囲では、略直線的に減少し、傾き変化は微小である。また、変角が $40^\circ$ 以上のシェード領域では変角に対する反射率の変化は小さい。

【0048】従って、反射率の対数値は変角に対して直線的に減少し、その傾きは波長に依存しないことが理解できる。このことから変角分光反射率 $R(x, \lambda)$ は、次の式(3)で表すことができる。

【0049】

$$\dots (3)$$

$\text{Ln}$  : 対数値を演算することを表す演算子

【0050】ここで、 $M = \text{Ln} m$ ,  $B(\lambda) = \text{Ln} b$

( $\lambda$ )とおくと、変角分光反射率 $R(x, \lambda)$ は、次のモデル式(4)で表すことができる。

【0051】

$$\dots (4)$$

があるが、濃度による効果は概ね小さく、パラメータ $m$ は主に光輝材の種類により決まることが理解される。

【0056】図13は、着色アルミにおけるパラメータ $b(\lambda)$ の濃度変化を示したものである。パラメータ $b(\lambda)$ の対数値は濃度と共に大きくなるが、その波形形状の変化は微小であった。このような波形の相似性は、干渉マイカ(グリーン:緑)と板状酸化鉄を除けば、いずれの光輝材についても現れている。

【0057】そこで、濃度 $c$ におけるパラメータ $b(\lambda)$ の対数、すなわち、 $\text{Ln} b(\lambda; c)$ の平均値を $\text{Ln} b(c)$ として光輝材毎に濃度との関係を求めた。図14にはパラメータ $b(\lambda)$ の対数平均値と濃度との関係を光輝材毎に示した。図から理解されるように、いずれの光輝材でも $\text{Ln} b(c)$ は濃度の対数に対して直線的に変化するが、光輝材の材質が同じであればその傾きの違いは微小である。

【0058】これにより、パラメータ $b(\lambda)$ の対数の平均値 $\text{Ln} b(c)$ は次の式(5)で表すことができる。

【0059】

$$\dots (5)$$

(1)となるので、濃度 $c$ におけるパラメータ $b(\lambda)$ は、次の式(6)で表すことができる。

【0061】

$$\dots (6)$$

(7)で表すことができる。

【0063】

$$\dots (7)$$

【0064】これによって、濃度 $c$ におけるパラメータ $b(\lambda; c)$ は光輝材の種類によって異なるふたつのパラメータ、すなわち濃度1%における波長依存性を示すパラメータ $b(\lambda; 1)$ と濃度依存性を表すパラメータ $k$ を用いて記述できる。図15にこれらの関係を示す。従って、パラメータ $b(\lambda; c)$ はパラメータ $b(\lambda; 1)$ と

$$R(x, \lambda) = b(\lambda; 1) c^k \quad (7)$$

【0066】図16及び図17はパラメータ間の関係を示したものである。図17から理解されるようにパラメータ $m$ に対するパラメータ $k$ の相関係数はやや低い、図16から理解されるように各パラメータは互いに相関しており、パラメータ $m$ が小さくなるに従ってパラメータ $b(1)$ 、 $k$ が大きくなる。また、パラメータ $b$

(1)やパラメータ $k$ が大きくなると変角分光反射率も大きくなることから、角度による変角分光反射率の変化が大きいときには、変角の影響が少ないハイライト領域における試料の明度や光輝材の濃度による明度の変化は大きく、そうでないときには試料の明度や濃度による明度変化は小さいことが理解できる。

【0067】以上の評価や測定から得た、光輝材の種類や濃度による影響から、次の知見を得た。

(1)メタリック系塗装の変角分光反射率は、正反射領域を除き、波長依存性と角度依存性の積で表されたモデル式で表現できる。

(2)光輝材濃度と変角分光反射率の間には、概ね、光輝材濃度が大きくなると光輝材の単位濃度における波長依存性を保持したまま変角分光反射率は増大するが、その角度依存性は変わらない、という傾向がある。

(3)変角分光反射率を規定するパラメータ、すなわち、角度依存性や濃度依存性および光輝材の単位濃度における波長依存性を表すパラメータは光輝材の種類に依存する。

(4)これらのパラメータの間には強い相関があり、角度依存性が大きくなると濃度依存性や光輝材の単位濃度における波長依存性を示す分光反射率は大きくなる。

【0068】〔概要〕本発明の実施の形態における塗装色の忠実な色再現、すなわち色や質感の制御を容易にする方法は、図1に示すように、先ず、段階S1として、外板色塗板の変角分光反射率を上記のゴニオによって実測する。この1つの実測された変角分光反射率から、次の段階S2において、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量を抽出する。

【0069】この抽出された変角分光反射率は、全て記憶するのではなく、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量を記憶することによって、次の段階S3において、元の変角分光反射率を再現することができ、記憶しなければならないデータ量を削減することができる。また、段階S2では、抽出した変角に関する特徴量を変更することにより外板色の色を維持した状態で質感を変更することや、波長に関する特徴量を変更することによ

1)に比例して濃度ともに大きくなるが、その変化率はパラメータ $k$ に依存していることが理解できる。なお、この結果から上記モデル式(4)は次の式(8)で表すことができる。

【0065】

$$\dots (8)$$

で外板色の質感を維持した状態で色を変更することが可能になる。さらに、段階S2では、変角に関する特徴量を、他の外板色の変角分光反射率から抽出された変角に関する特徴量に置き換えることや、波長に関する特徴量について、同様のことを行なうことにより、色を維持して質感のみを他の材質のものに入れ換えることや、質感を維持して色のみを入れ換えることができる。

【0070】さらに、次の段階SXでは、本発明に基づき、予め保存された基準濃度光輝材での波長特徴量と光輝材濃度依存係数を参照して、波長に関する特徴量からそれを再現する様な基準濃度光輝材での波長特徴量、光輝材濃度依存係数および光輝材濃度を求め、その光輝材濃度の変更を可能とする。そして光輝材濃度が増えたと、基準濃度光輝材での波長特徴量、光輝材濃度依存係数および光輝材濃度から波長に関する特徴量を再構成する。

【0071】上記色変更や質感変更、および、光輝材濃度変更を行った場合、その変更内容によっては、変角分光反射率を実測する際の測定誤差(バラツキ)が増幅され、変更方向での色変化が不連続になることがある。それを防止するために、実測した変角分光反射率データに対して、測定バラツキを低減する処理(ノイズ除去)を行う。このノイズ除去の基本はスムージング処理であるが、反射率の大きさによって、その処理を実施するか否かを制御することにより、効果が高く、しかも、変角分光反射率の本来の特性を損なわないように処理することができる。

【0072】段階S3では、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量から変角分光反射率を再構成し、次の段階S4ではCADのフレーム画像の面データ等として、得られる変角分光反射率に基づいた塗装色の画像を表示する。

【0073】〔色変更、質感変更〕上記のように外板色は各変角・各波長での反射率(即ち、変角分光反射率)で表現可能であるので、デザイナーがその外板色を変更するためには、変角分光反射率の1点1点の反射率を変更すれば良い。しかし、そのデータ量は膨大になるので、変角分光反射率の1点1点の変更という操作は事実上不可能である。このため、デザイナーの要求する変更を迅速に、かつ的確に行なう方法が必要である。

【0074】外板色の主要な特性は、色と質感である。デザイナーが外板色を変更する場合、これらの特性を各々変更することを想起する。例えば、銀色のアルミメタリ



ックの外板色を変更する場合には、「アルミメタリックの質感はそのままで、銀色に少し赤みを加える」とか、「銀色はそのままで、メタリック感を強める」といった抽象概念で提示されることが多い。従って、色に関する変更方法と質感に関する変更方法を確立し、これらの方法によって変角分光反射率全体を変更することが望ましい。色に関する変更は、塗料の中の着色顔料の種類や量を変更することに相当し、又、質感に関する変更は、塗料の中の光輝材の種類や量を変更することに相当する。

【0075】外板色の質感は維持して色を変更する場合、例えば、デザインはある変角での色を変更するという操作を行なう。この操作をその変角にだけ反映したのでは、その結果はデザインの望む物にはならない。すなわちデザインは、ある変角での色の変更を通して塗料の中の着色顔料の変更を意図しており、その場合には、その変角の色だけでなく、全ての変角について色が変化しなければならない。その際、デザインが変更を実施した変角以外の角度について、色の変更をどのように行なうかが問題となる。質感を維持し、かつ、色を変更するためには、変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離し、色の情報を変更した後、再び、質感の情報と合成しなければならない。

【0076】また、逆に、外板色の色を維持して質感を変更する場合、例えば、デザインは「ハイライト部とシェード部の明暗差を大きくする」というような操作を行う。この操作のデザイン意図は光輝材の変更であり、変角全体の変角分光反射率を変更しなければならない。その際、着色顔料の変更は意図されていないから、明暗を除く色の変化が起こることは望ましくない。従って、この場合にも、変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離し、質感の情報を変更した後、再び、色の情報と合成しなければならない。

【0077】さらに、色は維持し、質感を他の光輝材のものと置き換える様な変更も行われる。例えば、赤色メタリックの外板色を元にし、材質をマイカに変更する様な場合である。その場合には、赤色メタリックの変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離すると同時に、マイカの変角分光反射率からもその質感の情報を得て、赤色メタリックの質感の情報と入れ換える必要がある。

【0078】従って、図2の段階S2に示すように、上記図1の段階S2において抽出する特徴量として変角に関する特徴量を質感に関する特徴量として扱うと共に、波長に関する特徴量を外板色の質感を維持した状態の色に関する特徴量として扱い、各々の特徴量を独立または相互に関係するように変更する処理を行えば、色変更、質感変更を行うことができる。

【0079】さらに、本発明によれば、段階SXに示す様に、色に関する特徴量から基準温度光輝材での波長特徴量、光輝材濃度依存係数および光輝材濃度を求め、光

輝材濃度を変更する処理を行った後、色に関する特徴量を再構成すれば、色および質感へ重大な影響を及ぼす光輝材濃度について、その濃度を連続的に変化させた場合の色および質感を確認することが可能である。

【0080】[色の情報の分離と変更] <b(λ)> 色の情報は、一般的に分光反射率で表現される。変角分光反射率の場合、変角毎に、分光反射率が定まるが、ある変角での分光反射率か又は複数の変角の分光反射率から求められた分光反射率で、変角分光反射率の色情報を代表させることができる(但し、色相変化効果を有する場合を除く)。

【0081】色情報の変更については、例えば、グラフィックイコライザを使って各波長の反射率を変更する方法や、三刺激値やマンセル値を変化させ、その結果を分光反射率に反映させる方法がある。結果的に分光反射率に変更されるような方法であれば、色情報の変更方法の内容は問わない。

【0082】また、変角分光反射率がモデル式化されていれば、色情報を代表させる分光反射率の変角と、色変更の操作を行なう変角とは一致している必要はない。すなわち、任意の変角での色変更が可能である。

【0083】[質感の情報の分離と変更] <m<sup>1</sup>:xは変角>

質感の情報の表現方法については、一般的な方法は知られていない。例えば、変角毎の視感反射率Yを使って、外板色の質感を表示する場合もあるが、当然のことながらY値には色依存性があり、同じ質感であっても、赤色の場合と青色の場合とでは、そのY値は異なったものになる。従って、変角毎のY値を使って質感の情報を表現したのでは、先に述べたような光輝材の量の変更や種類の変更を意図した質感のみの変更が困難になるばかりでなく、色変更に伴って質感の情報も変更する必要が生じ、処理が非常に煩雑になる。

【0084】従って、色に依存しない質感情報を抽出することが色再現を行うためのポイントとなり、本発明の実施の形態では、上記モデル式(4)の変角の関数の値を質感情報としている。これらの関数は、色に依存せず、光輝材の挙動を示しているから、質感のみ変更が可能であり、又、色変更の際にも特に処理を必要としない。

【0085】質感の変更は、その質感の強める/弱めるという意図に対応し、質感情報である各特徴量に係数を掛けることや所定の値に置き換えることによって行う。また、これらの特徴量を、他の光輝材の特徴量に置き換えることにより、光輝材の変更を実現することもできる。

【0086】[光輝材濃度情報の分離と変更] <c<sup>1</sup>> 光輝材の濃度は塗装の質感やコストに大きな影響を及ぼすため、光輝材濃度を変更した場合の色、質感を確認する事は塗装色をデザインする上で非常に重要である。し

かし、従来は、光輝材濃度を変更した場合の変角分光反射率を計算機上で求めることは非常に困難であり、様々な光輝材濃度の塗料を実際に数多く作成し、その塗料で塗装を行った塗板を作成して、その色、質感を確認せざるを得なかった。

【0087】本発明によれば、予め、基準濃度光輝材での波長特徴量および光輝材濃度依存係数を求めておくことにより、塗板を測定して得られた変角分光反射率から色に関する特徴量を経て、その塗板の光輝材濃度を求めることが可能であり、かつ、光輝材濃度を計算機上で変更した後、変角分光反射率を再構成する事により、光輝材濃度を変更した場合の色、質感を確認することが可能である。さらに、本発明によれば、光輝材濃度を連続的に変化させることが可能であり、光輝材濃度と色、質感の関係を詳細に検討、確認する事が可能である。このような処理を行うために必要な情報は、1つの基準濃度光輝材での波長特徴量と1つの光輝材濃度依存係数だけであり、光輝材濃度依存係数は、最少の場合、前記基準濃度を含む2つの光輝材濃度での波長に関する特徴量から求めることができる。

【0088】次に、光輝材濃度制御を行って塗装色を再構成する処理を図8のフローチャートと共に説明する。

【0089】パーソナルコンピュータ16を含んで構成されるコンピュータグラフィクス装置の図示しない電源スイッチがオンされ、塗装色を再現するための処理へ移行すると、図8の処理ルーチンが実行される。ステップ102では、ゴニオ24によって外板色塗板の変角分光反射率Rが測定される。次に、ステップ104において測定データのノイズを除去した後に、次のステップ106において特徴量を抽出する。このステップ104では、測定データ中のノイズ成分を選択的平滑化処理により除去する。また、ステップ106では、上記モデル式(4)のパラメータb(λ), m<sup>1</sup>を導出(推定)し、さらに、保存された基準濃度光輝材での波長特徴量および光輝材濃度依存係数を参照する事により、パラメータb(λ)から光輝材濃度を求める。

【0090】次のステップ108では抽出された光輝材濃度の変更を行い、次のステップ110では変角分光反射率を再構成する。より詳しくは、基準濃度光輝材での

$$\rho(x, \lambda) = R(x, \lambda) / R(10, \lambda) \\ = m^{-10} \cdot m^1 \quad \dots (9)$$

【0096】ここで、上記説明したようにパラメータmに波長依存性がないと仮定できるので、変角毎に比反射率ρを平均してもこの関係は成立する。従って、比反射率ρは、変角x毎の比反射率ρの平均比反射率ρ(x)

$$\ln \rho(x) = x \ln m - 10 \ln m \\ = Mx - 10M \quad \dots (10)$$

【0098】従って、平均比反射率ρ(x)と変角xを軸とする2次元座標平面上において、平均比反射率ρ(x)の対数を変角xに対してプロットすれば、回帰直

線波長特徴量b(λ; 1)、光輝材濃度依存係数kおよび変更された光輝材濃度cからパラメータb(λ)が求められ、このパラメータb(λ)と前記パラメータm<sup>1</sup>から変角分光反射率R'(x, λ)を算出(再構成)する。次のステップ112では再構成された変角分光反射率に基づいた塗装色の画像を表示する。次のステップ114では、キーボード10の判定指示入力(OK/NG)によって表示された画像の塗装色が意図する塗装色であるか否かが判断され、意図する塗装色になるまでステップ108からステップ112を繰り返し実行する。このように、ステップ104における測定データのスムージング及びステップ106の特徴量の抽出は、元となる測定データにつき、1回のみ行えば良い。

【0091】なお、測定データは予め測定済の測定データを図示しない記憶装置にデータベース化しておけば、図示しない記憶装置から測定データを読み取るのみの処理でよい。

【0092】実際の測定データは、変角0°近傍において反射率の急激な変化が認められる。すなわち、高い周波数成分が存在することになる。この部分について、上記マスクを適用すると反射率の立ち上がりがにぶくなり、望ましくない結果となる。すなわち、保存すべき高周波成分をカットしてしまう結果となる。従って、しきい値以下の視感反射率以下でオン(ノイズ除去有)するスイッチング処理により変角0°付近ではノイズ除去処理を行わないようにすることによって、上記望ましくない高周波成分カットを回避することができる。

【0093】(特徴量の抽出)次に、上記ステップ106の詳細を説明する。ステップ106では次のようにしてモデル式(4)のパラメータb(λ)及びパラメータm<sup>1</sup>を各々推定することによって特徴量を抽出する。

【0094】まず、角度依存性を表すパラメータmの推定について説明する。測定した変角分光反射率から、変角10°における反射率を1(100%)としたときの変角x毎の比反射率ρ(x, λ)を次の式(9)を参照して求める。この式(9)では、モデル式(4)から、パラメータb(λ)は消去され、比反射率ρはパラメータmのみで表現できることになる。

【0095】

を用いて、変角の1次式である次の式(10)で表わすことができる。

【0097】

線の傾きMを求めることができ、求めた傾きMからパラメータmを推定することができる。

【0099】次に、波長依存性を示すパラメータb

(λ) の推定を説明する。パラメータ  $b(\lambda)$  は最小自乗法により推定できる。まず、変角  $x$  に対する波長毎の残差自乗和  $P(\lambda)$  は次の式 (11) で表すことができ

$$P(\lambda) = \sum \{R(x, \lambda) - b(\lambda) m^x\}^2 \quad \dots (11)$$

【0101】この残差自乗和  $P(\lambda)$  が最小となる時には、次の式 (12) に示すように、パラメータ  $b$  に関して偏微分した結果は零 ( $\delta P / \delta b = 0$ ) となる。従って、パラメータ  $b(\lambda)$  は、次の式 (13) で表すこ

$$\delta P / \delta b = \sum 2 m^x \cdot \{b(\lambda) m^x - R(x, \lambda)\} = 0 \quad \dots (12)$$

$$b(\lambda) = \sum \{m^x \cdot R(x, \lambda)\} / \sum m^{2x} \quad \dots (13)$$

【0103】これによって、変角分光反射率  $R(x, \lambda)$  とパラメータ  $m$  を用いて式 (13) からパラメータ  $b(\lambda)$  を求めることができる。

【0104】以上のようにして、モデル式 (4) のパラメータ  $b(\lambda)$  及びパラメータ  $m^x$  を各々推定することができる。

【0105】(再構成のための変更モデル式) ここで、本発明者等は、上記導出したモデル式 (4) の評価を行った。モデル式 (4) はハイライト領域を前提にしているが、変角  $0^\circ$  から  $70^\circ$  の範囲を対象に広げて、測定値と計算値の相関を調べることで評価を行った。

【0106】図11には、その評価結果の一例を示した。図では、測定値と計算値の相関の大きさを寄与率 ( $r^2$ : 相関係数の自乗) で示し、変角による寄与率の変化を変角  $x$  と寄与率との関係を示す特性として打点した。この寄与率は1に近いほどモデル式が測定値と相関が高いことを表している。

【0107】次に示す表2は上記の結果に基づいて光輝材毎にモデル式を評価したものである。この表2から次のことが導出できる。

【0108】(1) 正反射近傍でいずれの光輝材も変角  $4^\circ$  以下では寄与率が低く、モデル式は成立しない。

【0109】(2) ハイライトからシェード領域ではいずれの光輝材も変角が大きくなるに従って寄与率は低下するが、一部の光輝材 [干渉マイカ (グリーン)、板状酸化鉄] を除けば寄与率は0.7以上である。このため、シェード領域を含めてもモデル式は成立すると仮定できる。特に、変角  $x$  が  $10^\circ$  から  $30^\circ$  の間では、干渉マイカ (グリーン) を除き、0.9以上の寄与率を示した。

【0110】(3) 上記 (1)、(2) の結果は濃度を変えても概ね同様であった。しかし、詳細にみればアルミ系では濃度が9%のとき、その他の光輝材では1%のとき、シェード領域において多少異なる挙動を示した。

【0111】このことから、正反射領域および一部の光輝材を除けば、変角分光反射率はモデル式と良好な相関

る。

【0100】

とができる。

【0102】

【数1】

を示すことがわかる。なお、相関が低い光輝材については、分光反射率曲線の形状がハイライト領域とシェード領域で異なることが観測された。すなわち、グリーン (緑) の干渉マイカでは、ハイライト領域で干渉色の影響によりブルー (青) がグリーン (緑) の方向に、また、板状酸化鉄ではシェード領域で、本来の色が影響してブルー (青) がレッド (赤) の方向にシフトした。このため、反射率の対数は変角に対して直線的に変化するものの、その傾きには波長依存性が認められた。

【0112】また、シェード領域における数式モデルの寄与率を上げるためには反射率の変角依存性をシェード領域も含めて曲線で近似したほうがよい (図10参照)。

【0113】

【表2】

光輝材の種類	正反射 近傍	ハイ ライト			シェード
	変角	6°	30°	40°	
アルミ	×	○	○	○	○
着色アルミ	×	○	○	○	○
球状アルミ	×	○	○	○	○
干渉マイカ (白)	×	○	○	○	○
干渉マイカ (青)	×	○	○	○	○
干渉マイカ (緑)	×	×	×	×	×
複合マイカ (青)	×	○	○	○	○
ニッケルコートマイカ	×	○	○	○	○
板状酸化鉄 MIO	×	○	×	×	×
チタンコートグラファイト	×	○	○	○	○
銀めっきガラスフレイク	×	○	○	○	○
寄与率 ( $r^2$ ) の判定基準	0.7	0.9	0.7		

但し、○: 判定基準以上

×: 判定基準以下

【0114】以上のことから、シェード領域まで適用可能なモデル式としてモデル式 (4) を、次の式 (14) に示す変角分光反射率の波長依存性を考慮したもの、または次の式 (15) に示す式 (14) からさらにシェード領域まで拡張したモデル式に拡張することが好ましい。この拡張された変更モデル式により残差をより小さくす

ることができる。

$$R(x, \lambda) = b(\lambda) m(\lambda) \cdot \quad \cdot \cdot (14)$$

【0115】

【0116】

【数2】

$$R(x, \lambda) = b(\lambda) m_1(\lambda) \cdot m_2(\lambda) \cdot \quad \cdot \cdot (15)$$

【0117】（メタリック塗板における光輝材の種類や濃度）次にステップ108の詳細を説明する。

【0118】先に述べたように、本発明者等は、パラメータ $m$ は光輝材濃度に依存せず、さらに、パラメータ $b(\lambda)$ の対数は光輝材濃度に対して直線的に変化すると知見を得た。ステップ108は、この知見に基づき、

$$b(\lambda; c) = b(\lambda; 1) c^k \quad \cdot \cdot \cdot (16)$$

【0120】この結果からモデル式(14)は次の式

$$R(x, \lambda) = b(\lambda; 1) c^k m^l \quad \cdot \cdot \cdot (17)$$

【0121】具体的にはステップ106において抽出された特徴量、すなわちパラメータ $b(\lambda)$ を上記モデル式(17)により導出される別のパラメータ $b' (= b(\lambda; 1) c^k)$ に入れ換えることにより実現される。なお、光輝材濃度 $c$ を制御する方法については、例えば、キーボードから光輝材濃度値を入力しても良く、または、キーボード上の矢印キー等により光輝材濃度値を増減し、その結果の色をすぐに画面に表示する事により、光輝材濃度値を変化させた結果を確認しながら、デザイン上好ましい光輝材濃度値を決定する様にしても良い。

【0122】ステップ108において、デザイナーやユーザが光輝材濃度の変更についてのみ検討する場合には、上記の様な方法により、光輝材濃度を変更すれば良い。また、逆にデザイン上好ましい色や質感を実現するための光輝材濃度を求める場合には、その色や質感に最も近くなるような光輝材濃度を計算によって求めれば良く、その方法は、例えば多数の光輝材濃度について、変角分光反射率を計算し、その中からデザイン上好ましい色や質感に近い隣接する2つの光輝材濃度を検索し、これらの2つの光輝材濃度の間の多数の光輝材濃度について、変角分光反射率の計算、その中からデザイン上好ましい色や質感に近い隣接する2つの光輝材濃度の検索を繰り返し行えば良い。この操作により、予め定められた光輝材を使用した場合に、デザイン上好ましい色や質感に最も近い塗装色はどのような塗装色になるかを確認する事ができる。また、基準濃度光輝材での波長特徴量 $b(\lambda; 1)$ 、光輝材濃度依存係数 $k$ および変角に関する特徴量 $m$ をデータベース化しておく事により、そのデータベースに記憶された着色顔料および光輝材の組み合わせの中から、デザイン上好ましい色や質感に最も近い着色顔料、光輝材種及び光輝材濃度（配合量）を求めることも可能である。

【0123】次に、ステップ110の再構成では、色や質感の変更制御を行った後の変角分光反射率 $R'(x, \lambda)$ を、モデル式に従って計算することにより求める。

上記 $b(\lambda)$ を後述の光輝材濃度を含めたモデル式(16)により基準濃度光輝材での波長特徴量 $b(\lambda; 1)$ 、光輝材濃度依存係数 $k$ および光輝材濃度 $c$ によって表現し、光輝材濃度 $c$ の制御等を行うステップである。

【0119】

(17)で表すことができる。

これによって、塗装色を表示すべき色としてのデータを構築できる。

【0124】このように、本発明の実施の形態では、メタリック系塗板の変角分光反射率に関する光輝材濃度をパラメータとしたモデル式を導出し、このモデル式を用いてメタリック系塗板の色再現や変更を行っているので、光輝材濃度を変更した場合の色、質感を再現する事ができると共に、その光輝材で作成可能な色とデザイン上好ましい色との差異の確認が可能であり、さらには計算機上で作成された色の光輝材種や光輝材濃度が求められる事からその色を再現する塗料の配合の決定が容易になるという利点を有する。

【0125】なお、これらの変更の操作は、変更の対象となる変角分光反射率を元に作成された塗板や自動車の画像を見ながら行っても良く、その場合には、質感等の変更の操作後、すぐに変更後の変角分光反射率を再構成し、インタラクティブに変更の結果を確認しながら、操作を行うことが望ましい。

【0126】なお、上記発明の実施の形態では、新規または再構成された変角分光反射率を用いて画像を表示する場合について説明したが、本発明は画像の表示に限定されるものではない。例えば、熟練を要する顔料の混合比の設定等である配合をクベルカ・ムンク理論に従った基本色材料（顔料等の着色剤）の配合としてコンピュータ演算により求めるコンピュータカラーマッチング（CCM）へ適用することが可能である。このCCMは、分光光度計等により計測された色見本の反射率に一致するように反射率が既知の複数の顔料の混合比等をコンピュータの演算により求めるものである。また、他例としてデザイナーやユーザが意図する塗装色を再現するために、CCMを用いて着色剤の調合割合等を決定する場合への適用も可能である。

【0127】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、波長に依存する第1の特徴量を、光輝材の予め定めた所定濃度のときの第1の特徴量と、光輝材の種類または濃度

に依存する第3の特徴量との積を用いて表し、この第1の特徴量と、第3の特徴量と、第2の特徴量との積を用いて変角毎の分光反射率を再構成しているので、光輝材の濃度を変更した場合の塗装色を忠実に再現することが可能であり、例えばメタリック塗装について光輝材濃度に基づいた塗装色のデザインの検討が可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における色や質感の制御方法の段階を概念的に示したイメージ図である。

【図2】色変更、質感変更の概念を説明するためのイメージ図である。

【図3】本発明の実施の形態のパーソナルコンピュータを含む塗装色を再現するためのコンピュータグラフィクス装置の概略構成図である。

【図4】ゴニオの構成を説明するための概念図である。

【図5】本発明の実施の形態に用いる変角を説明するための座標系を示す線図である。

【図6】反射率を近似的に扱うことを説明するための説明図である。

【図7】塗装面の構成を示すイメージ図であり、(a)はメタリック塗装面、(b)はパールマイカ塗装面、(c)はソリッド塗装面を示している。

【図8】塗装色を再構成する処理の流れを示すフローチ

ャートである。

【図9】反射率の波長特性変化を変角毎に示した特性図である。

【図10】反射率の変角特性変化を波長毎に示した特性図である。

【図11】モデル式と実測値との相関を示す関係図である。

【図12】パラメータmの濃度依存性を説明するための濃度とパラメータmの関係を示す特性図である。

【図13】パラメータb(λ)の濃度に対する影響を説明するための濃度毎の波長とパラメータb(λ)の関係を示す特性図である。

【図14】パラメータb(λ)の濃度依存性を説明するための濃度とパラメータb(λ)の関係を示す特性図である。

【図15】パラメータkのパラメータb(λ)に対する影響を説明するための特性図である。

【図16】濃度1%のときのパラメータb(λ)とパラメータmの関係を示す関係図である。

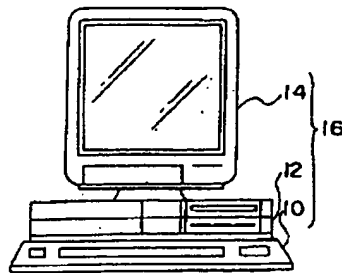
【図17】パラメータk及びパラメータmによる複数の光輝材の分類を示す分類特性図である。

【符号の説明】

16 パーソナルコンピュータ

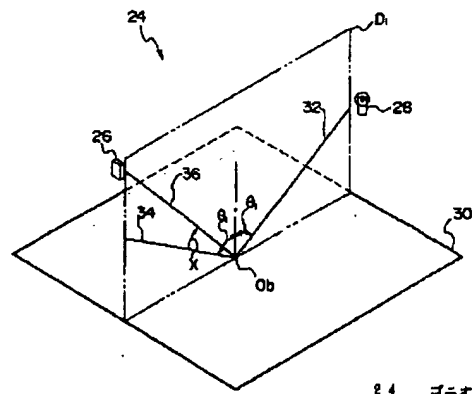
24 ゴニオ

【図3】



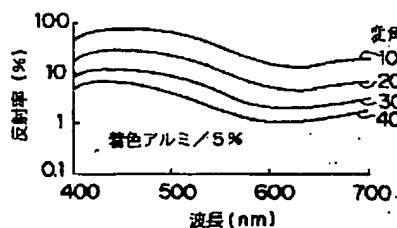
16 パーソナルコンピュータ

【図4】

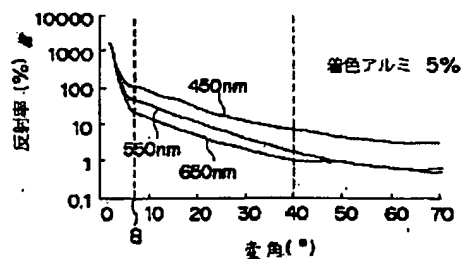


24 ゴニオ

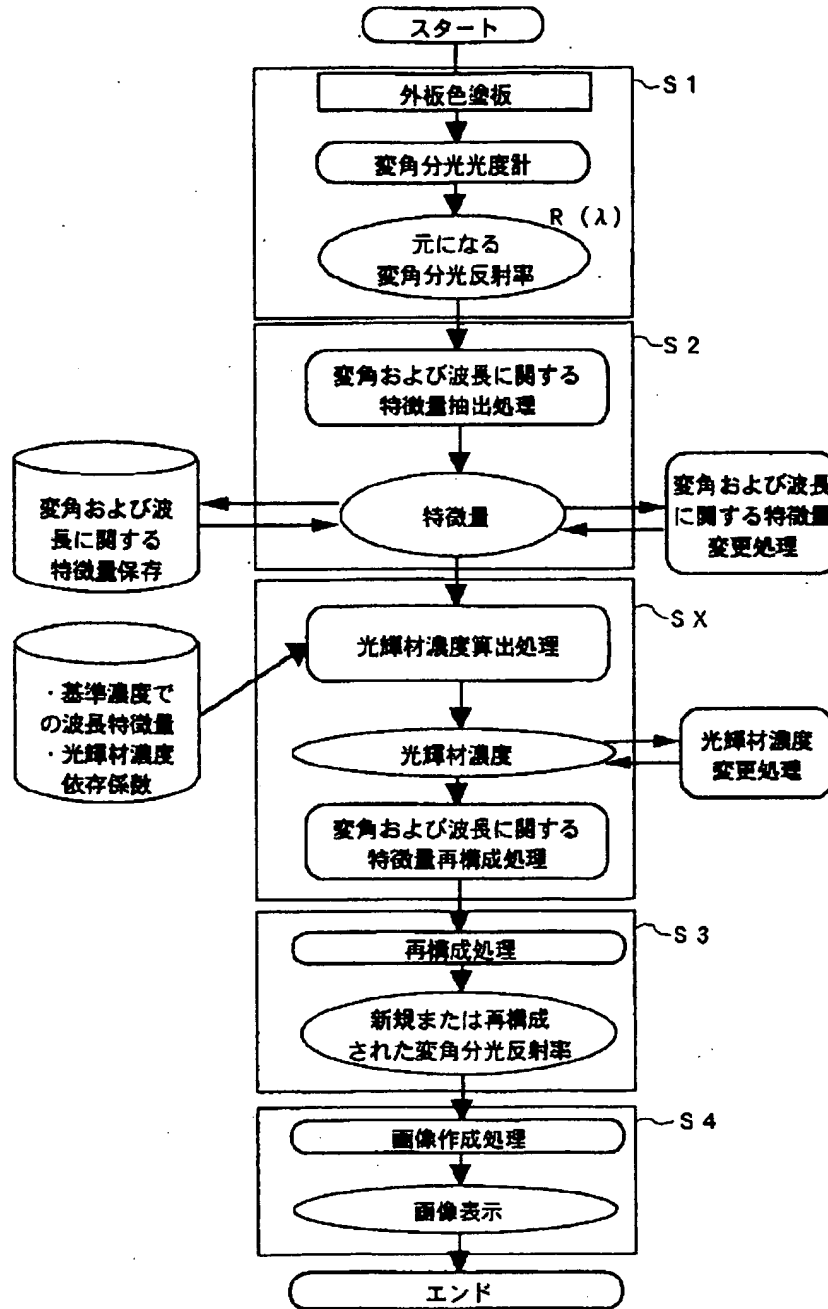
【図9】



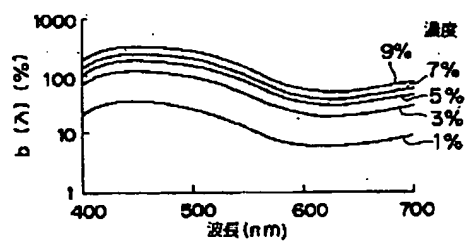
【図10】



【図1】

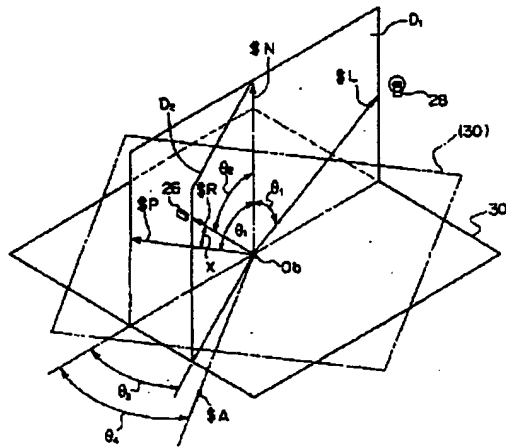


【図13】

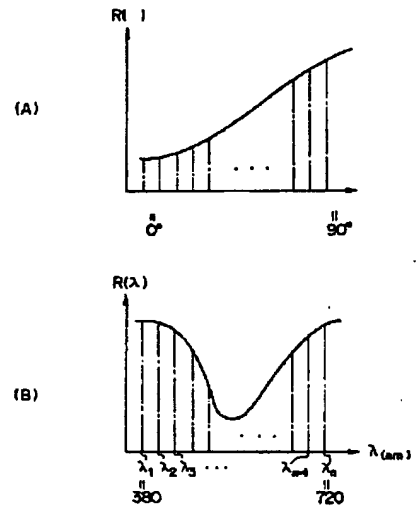




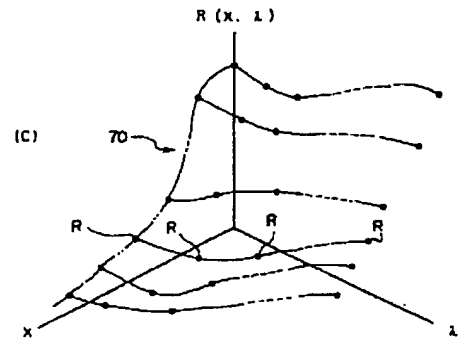
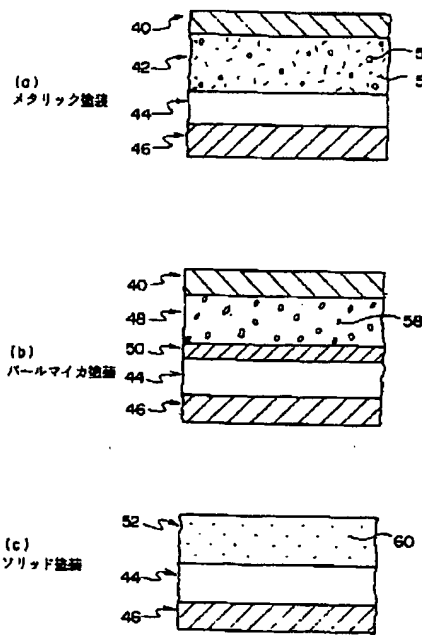
【図5】



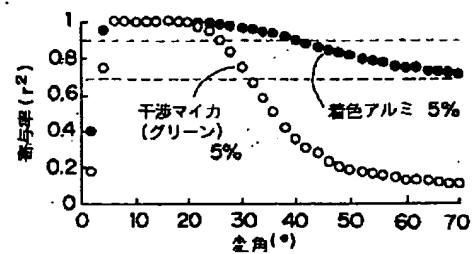
【図6】



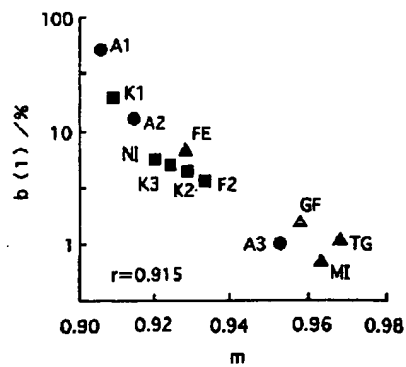
【図7】



【図11】

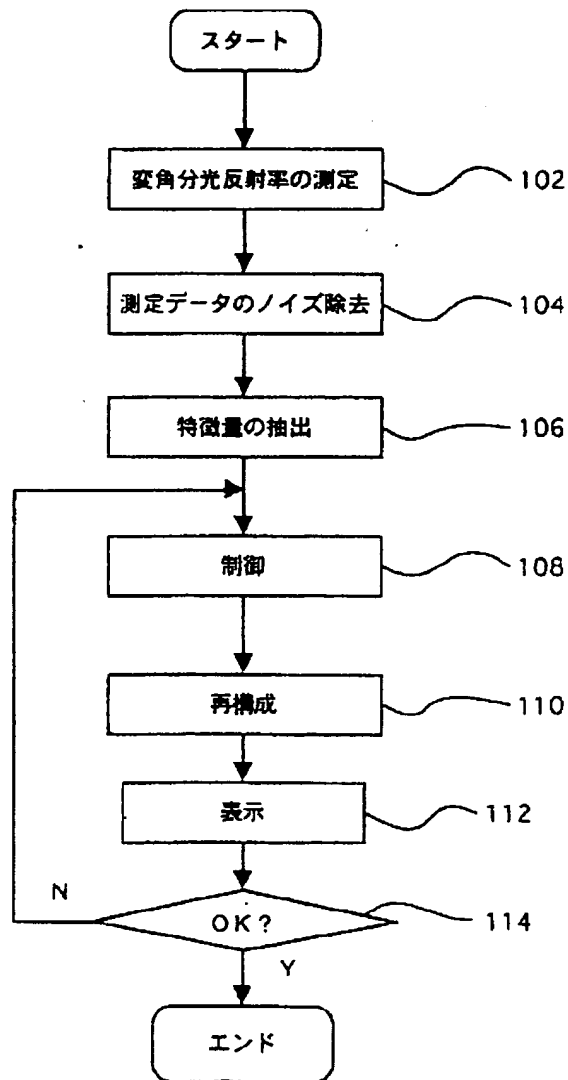


【図16】

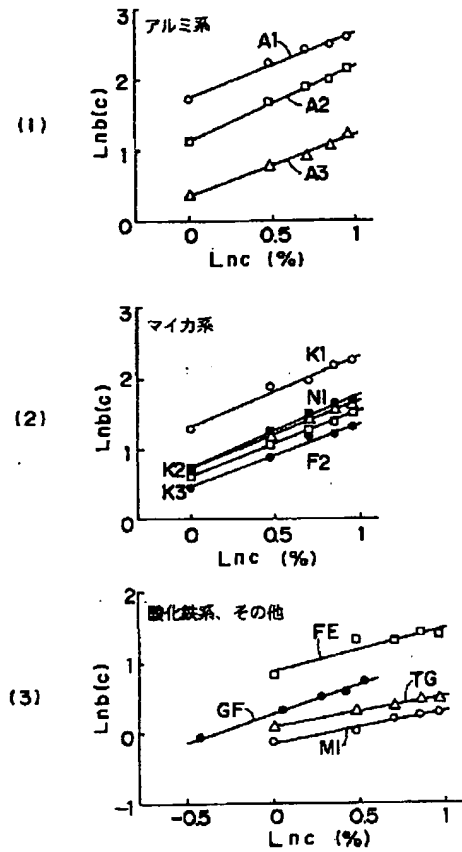




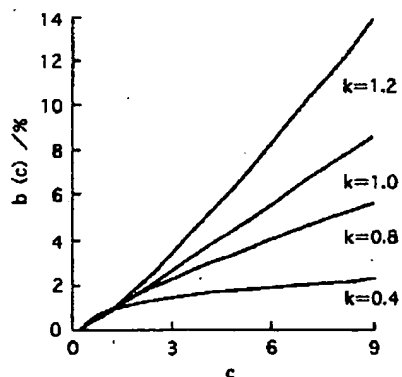
【図8】



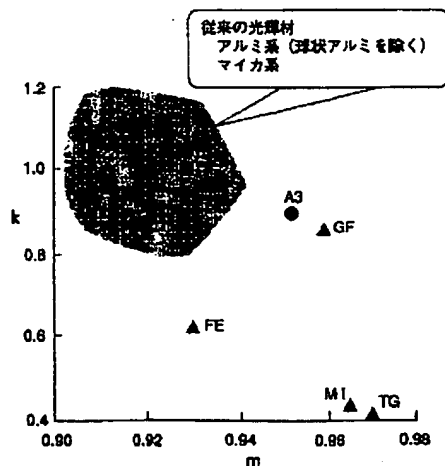
【図14】



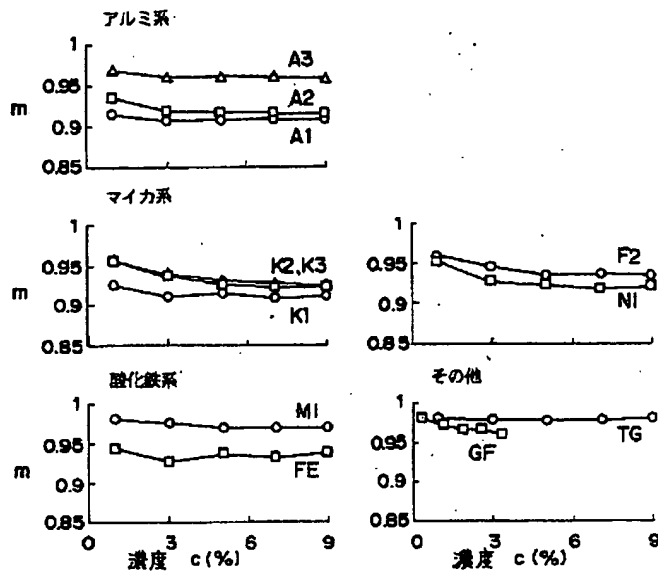
【図15】



【図17】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 服部 寛  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
(72)発明者 大関 徹  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 辻 紘良  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41-1 株式会社豊田中央研究所内  
(72)発明者 石黒 政人  
神奈川県横須賀市田浦港町無番地 関東自動車工業株式会社内  
(72)発明者 増田 豊  
神奈川県平塚市東八幡4丁目17番1号 関西ペイント株式会社内